



Agency Docket No.: 1876P290

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Re the Application of:

IN SAN JEON, ET AL.

Serial No. 10/039,005

Filed: 12/31/2001

For: TURBO DECODER AND ITS CALCULATION
METHODS HAVING A STATE METRIC - UTILITY

COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

Honorable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Request for Priority

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely

Republic of Korea application number 2001-71757 filed 19/11/01.

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

BLAKELY, SOKOLOFF, TAYLOR & ZAFMAN

Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

Dated:

3/7/02

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor
Los Angeles, California 90025
Telephone: (310) 207-3800



#4



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 71757 호
Application Number PATENT-2001-0071757

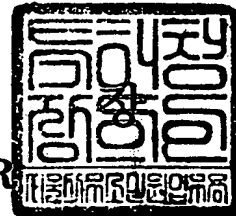
출원년월일 : 2001년 11월 19일
Date of Application NOV 19, 2001

출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) KOREA ELECTRONICS & TELECOMMUNICATIONS RESEARCH IN

2001 년 12 월 28 일

특 허 청

COMMISSIONER



920001000048

10111010000000000000

방식 심사 란	담	당	심	사	관

【서류명】 특허출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【제출일자】 2001.11.19

【발명의 국문명칭】 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그를 이용한 계산 방법

【발명의 영문명칭】 Turbo decoder that have a state metric, and
Calculation method by Using it

【출원인】

【명칭】 한국전자통신연구원

【출원인코드】 3-1998-007763-8

【대리인】

【명칭】 특허법인 신성

【대리인코드】 9-2000-100004-8

【지정된 변리사】 변리사 정지원, 변리사 원석희, 변리사 박해천

【포괄위임등록번호】 2000-051975-8

【발명자】

【성명의 국문표기】 전인산

【성명의 영문표기】 JEON, In San

【주민등록번호】 610810-1002616

【우편번호】 305-345

【주소】 대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 102-405

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김혁

【성명의 영문표기】 KIM, Hyuk

【주민등록번호】 730623-1560019

【우편번호】 305-345

【주소】 대전광역시 유성구 신성동 122-14 녹산빌라 B/204

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 양우석

【성명의 영문표기】 YANG, Woo Seok

【주민등록번호】 730416-1932214

【우편번호】 690-170

【주소】 제주도 제주시 연동 251-59

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김경수

【성명의 영문표기】 KIM, Kyung Soo

【주민등록번호】 511221-1093119

【우편번호】 302-120

【주소】 대전광역시 서구 둔산동 목련아파트 305-706

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김환우

【성명의 영문표기】 KIM, Whan Woo

【주민등록번호】 540920-1481022

【우편번호】 302-280

【주소】 대전광역시 서구 월평동 누리아파트 104-704

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 조한진

【성명의 영문표기】 CHO, Han Jin

【주민등록번호】 600708-1000522

【우편번호】 302-280

【주소】 대전광역시 서구 월평동 무궁화아파트 203-301

【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다.

대리인

특허법인 신성 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 19 면 19,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 4 항 237,000 원

【합계】 285,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 142,500 원

【첨부서류】 1.요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

1. 청구범위에 기재된 발명이 속하는 기술분야

본 발명은 간소화된 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그 계산 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것임.

2. 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제

본 발명은, 기존의 터보 복호 알고리즘을 보다 단순화하여 계산량을 감소시키고 그에 따라 집적 회로(ASIC)나 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현되는 하드웨어의 크기를 작게 하고, 그 결과 구현된 하드웨어의 면적과 전력을 축소할 수 있도록 한 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그 계산 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공함에 그 목적이 있음.

3. 발명의 해결방법의 요지

본 발명은, 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기에 있어서, 입력 버퍼를 통해 입력되는 심볼을 받아, 가지 메트릭을 계산하기 위한 가지 메트릭 계산 수단; 상기 가지 메트릭 계산 수단을 통해 계산된 상기 가지 메트릭을 이용하여 역방향 상태 메트릭을 계산 및 저장하고, 상기 가지 메트릭을 이용하여, 순방향 메트릭을 계산하여 전달하기 위한 상태 메트릭 계산 수단; 및 상기 상태 메트릭 계산 수단을 통해 입력되는 순방향 상태 메트릭과 상기 상태 메트릭 계산 수단에서 미리 저장된

역방향 상태 메트릭을 이용하여, 로그 우도비를 계산하는 로그 우도비 계산 수단을 포함한다.

4. 발명의 중요한 용도

본 발명은 무선 통신시스템 및 위성 통신시스템 등의 오류정정에 사용됨.

【대표도】

도 7

【색인어】

역방향 상태 메트릭, 순방향 상태 메트릭, 로그 우도비, 터보 복호기

【명세서】

【발명의 명칭】

상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그를 이용한 계산 방법 {Turbo decoder that have a state metric, and Calculation method by Using it}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 차세대 이동통신 시스템에서 채택하고 있는 종래의 기술에 따른 터보 부호기의 일실시에 구성도.

도 2는 도 1에 도시된 시스템에서 채택한 종래의 기술에 따른 RSC 부호기의 일실시에 격자도.

도 3은 본 발명에 따른 터보 복호기에서 역방향 상태 메트릭의 일실시에 격자도.

도 4는 본 발명에 따른 터보 복호기의 일실시에 구성도.

도 5a 및 도 5b는 본 발명에 따른 터보 복호기에 포함된 상태 메트릭 계산기의 일실시에 상세 구성도.

도 6은 본 발명에 따른 터보 복호기에 포함된 로그 우도비 계산기의 일실시에 상세 구성도.

도 7은 본 발명에 따른 터보 복호기를 이용한 계산 방법에 대한 일실시에 흐름도.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그를 이용한 계산 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 터보 복호기에서 역방향 상태 메트릭 계산과 그에 따른 새로운 순방향 상태 메트릭을 유도하고, 로그 우도비의 계산을 간소화하고자 한 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그를 이용한 계산 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 관한 것이다.

일반적으로, 터보 부호를 사용한 오류정정 기술은 1993년 "가우디 베로우(Claude Berrou)"가 처음으로 발표(C. Berrou, Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding : Turbo Code, Proc. 1993 IEEE Int. Conf. On Comm., Geneva, Switzerland, pp1064-1070, 1993)하면서 오류정정 분야에 새로운 장을 열었다. 터보 부호의 오류정정 능력은 반복 횟수에 따라 BER 성능이 향상되는 특징을 가지고 있으며 충분한 반복을 수행하였을 때 셰넌(C. E. Shannon)이 발표한(C. E. Shannon, A mathematical theory of communication, Bell Sys. Tech. J., Vol27, pp.379-423, July 1948, pp623-656, Oct.1948) 채널 용량(channel capacity) 근처까지 오류정정이 가능한 것으로 알려졌다.

상기 언급한 논문에서 베로우(C. Berrou)는 터보 부호를 복호하기 위한 방법으로 로그 엠에이피(LogMAP) 알고리즘을 선택하였다. 또한, 이 로그 엠에이피 알고

리즘을 간단하게 하여 구성한 터보 복호기의 구조를 페터본(S. S. Pietrobon)이 발표(S. S. Pietrobon, Implementation and Performance of a Serial MAP Decoder for use in an Iterative Turbo Decoder, IEEE International Symposium on Information Theory, Sep., pp471, 1995)하였다. 그리고, 이 알고리즘의 수정하여 새로운 로그 엠에이피 알고리즘(S. S. Pietrobon, Implementation and performance of a turbo/MAP decoder, International Journal of Satellite Communications, Vol6, Iss1, pp.23-46, Feb., 1998)을 1998년도에 제안하였다.

한편, 터보 복호기의 기본 복호기로 MAP 복호기를 사용하지 않고 SOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)을 사용할 수 있다. 터보 복호에 사용되는 개선된 SOVA는 린(L. Lin)이 발표(Lang Lin, Improvements in SOVA-based decoding for turbo codes, IEEE Int. Conf. On Communications, Vol.3., pp1473-1478, June, 1997)하였다.

또한, 기존의 로그 엠에이피를 근사화한 알고리즘으로 최대로그 엠에이피(MaxLogMAP)이 있다. 최근에는 크로지어(S. Crozier)가 계산량을 줄이기 위한 알고리즘(S. Crozier, K. Gracie and A. Hunt, Efficient Turbo Decoding Techniques, International Conference on Wireless Communications, Wireless 99, Calgary, Canada, July 1999)을 발표하였다.

제 3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000의 규격인 3GPP/3GPP2에서는 낮은 오류율을 갖는 고속의 데이터를 전송하기 위한 오류정정을 위하여 터보 부호를 규격으로 채택하고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 터보 부호는 오류정정분야의 규격으로 차세대 통신 시스템에 규격으로 채택되고 있으며 이에 따라 연구도 활발하게 진행되고 있다.

터보 복호기를 구성하는 기본 복호기는 상기 언급한 바와 같이 MAP복호기와 SOVA 복호기로 구현 될 수 있는데, 본 발명을 MAP 복호기를 사용한 터보 복호기에 관한 것이므로 SOVA에 관한 사항은 생략한다. 또한, 일반적인 복호기에 대한 수식 유도 및 설명은 베로우(C. Berrou)의 논문(C.Berrou, Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding : Turbo Code, Proc. 1993 IEEE Int. Conf. On Comm., Geneva, Switzerland, pp1064-1070, 1993)과 페터본(S. Pietrobon)의 1994년 논문(S. S. Pietrobon, A Simplification of the Modified Bahl Decoding Algorithm for Systematic Convolutional Codes, Int. Symp. Inform. Theory & its Applic, 1073-1077, Nov. 1994)과 1998년 논문(S. S. Pietrobon, Implementation and performance of a turbo/MAP decoder, International Journal of Satellite Communications, Vol6, Iss1, pp.23-46, Feb., 1998)에 상세히 공지되어 있으므로 여기서는 더 이상 상세히 설명하지 않기로 한다.

일반적인 터보 복호기의 구조는 전술한 베로우(C. Berrou), 페터본(S. S. Pietrobon) 및 크로지어(S. Crozier)의 논문에 나타나 있다. 베로우(C. Berrou)의 논문은 터보 복호기의 최초의 논문으로 일반적인 전개를 하고 있다.

한편, 상기 페터본(S. S. Pietrobon)의 1994년도 및 1995년도 논문은 기존의 로그 엠에이피 알고리즘을 간략화하였고, 1998년 논문은 1995년도 논문을 개선하였으며 자세한 하드웨어의 설명을 포함하고 있어 일반적으로 터보 복호기의 설계를

이 방법에 따르고 있다. 그리고, 상기 크로지어(S. Crozier)의 논문은 로그우도비(LLR) 계산을 단순화한 최대로그 엠에이피(MaxLogMAP)의 구조를 제안하고 있다.

여기서, 터보 복호를 수행하는 로그 엠에이피(LogMAP), 부 로그 엠에이피(SubLogMAP) 및 최대 로그 엠에이피(MaxLogMAP) 알고리즘은 크게 가지 메트릭 계산, 상태 메트릭 계산 및 우도비 계산으로 나누어지며, 또한 상태 메트릭은 순방향 상태 메트릭 계산과 역방향 상태 메트릭 계산으로 나뉘어진다.

이하, 로그 엠에이피(LogMAP), 부 로그 엠에이피(SubLogMAP) 및 최대로그 엠에이피(MaxLogMAP) 알고리즘에 대해 자세히 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 1995년도의 페터본(S. S. Pietrobon)에 의해 제안된 알고리즘은 순방향 상태 메트릭과 역방향 상태 메트릭을 계산하는데 있어서 각 상태(state)에 대하여 입력이 0인 경우와 1인 경우를 모두 계산하는 단점을 갖는 반면, 로그우도비(LLR)계산에서는 가지 메트릭을 다시 계산하지 않고 앞서 언급한 상태 메트릭만을 사용하는 장점이 있다.

그리고, 1998년도에 페터본(S. S. Pietrobon)이 새롭게 제안한 알고리즘은 순방향 상태 메트릭과 역방향 상태 메트릭을 계산하는데 있어서 각 상태(state)에 대하여 입력이 0인 경우와 1인 경우를 모두 계산하지 않고 각 상태의 값을 계산하는 장점이 있는 반면, 로그우도비(LLR) 계산에서는 가지 메트릭을 다시 계산하고 그것과 상태 메트릭을 사용하는 단점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

이에 본 발명은, 상기와 같은 종래의 단점들을 해결하기 위해 제안된 것으로, 기존의 터보 복호 알고리즘을 보다 단순화하여 계산량을 감소시키고 그에 따라 집적 회로(ASIC)나 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현되는 하드웨어의 크기를 작게 하고, 그 결과 구현된 하드웨어의 면적과 전력을 축소할 수 있도록 한 간소화된 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기 및 그 계산 방법과 상기 방법을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공함에 그 목적이 있다.

【발명의 구성】

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기에 있어서, 입력 버퍼를 통해 입력되는 심볼을 받아, 가지 메트릭을 계산하기 위한 가지 메트릭 계산 수단; 상기 가지 메트릭 계산 수단을 통해 계산된 상기 가지 메트릭을 이용하여 역방향 상태 메트릭을 계산 및 저장하고, 상기 가지 메트릭을 이용하여, 순방향 메트릭을 계산하여 전달하기 위한 상태 메트릭 계산 수단; 및 상기 상태 메트릭 계산 수단을 통해 입력되는 순방향 상태 메트릭과 상기 상태 메트릭 계산 수단에서 미리 저장된 역방향 상태 메트릭을 이용하여, 로그 우도비를 계산하는 로그 우도비 계산 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명은, 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기에 적용되는 터보 복호기의 계산 방법에 있어서, 수신된 심볼을 받아 가지 메트릭을 계산하는 제 1 단계;

상기 제 1 단계에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0"인 경우의 역방향 상태 메트릭을 계산하고, 그 계산된 역방향 상태 메트릭을 저장하는 제 2 단계; 상기 제 1 단계에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0" 및 "1"인 모든 경우의 순방향 상태 메트릭을 계산하는 제 3 단계; 상기 제 3 단계에서 계산된 순방향 상태 메트릭과 상기 제 2 단계에서 저장된 역방향 상태 메트릭을 이용하여 로그 우도비를 계산하는 제 4 단계; 및 상기 제 4 단계에서 계산된 로드 우도비를 저장하는 제 5 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 프로세서를 구비한 터보 복호기에, 수신된 심볼을 받아 가지 메트릭을 계산하는 제 1 기능; 상기 제 1 기능에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0"인 경우의 역방향 상태 메트릭을 계산하고, 그 계산된 역방향 상태 메트릭을 저장하는 제 2 기능; 상기 제 1 기능에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0" 및 "1"인 모든 경우의 순방향 상태 메트릭을 계산하는 제 3 기능; 상기 제 3 기능에서 계산된 순방향 상태 메트릭과 상기 제 2 기능에서 저장된 역방향 상태 메트릭을 이용하여 로그 우도비를 계산하는 제 4 기능; 및 상기 제 4 기능에서 계산된 로드 우도비를 저장하는 제 5 기능을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공함을 특징으로 한다.

여기서 상술된 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이다. 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다.

본 발명에 사용된 모든 수식은 혼돈을 없애기 위하여 페터본(S.S.Pietrobon)

의 1998년도 논문의 수식표현을 따르며, 본 발명의 이해를 돕고자 1995년도 알고리즘과 1998년 알고리즘을 간략하게 결과식 위주로 살펴보고 본 발명에 관하여 설명하기로 한다.

상기 1995년도 터보 복호기 알고리즘의 최종 결과식은 1998년도의 수식 표현에 따르면 (수학식 1) 내지 (수학식 4)로 표현된다.

【수학식 1】

$$D_k^{i,m} = \frac{2}{\sigma^2} (r_k^i + y_k y_k^{i,m})$$

【수학식 2】

$$A_k^{i,m} = D_k^{i,m} + \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} A_k^{i,j,m}$$

【수학식 3】

$$B_k^{i,m} = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (B_k^{i,j,m} + D_k^{j,i,m})$$

【수학식 4】

$$L_k = \frac{2^{V-1}}{J} (A_k^{1,m} + B_k^{1,m}) - \frac{2^{V-1}}{J} (A_k^{0,m} + B_k^{0,m})$$

여기서, 사용되는 변수는 다음과 같으며, 아래에 제시되는 타 수학적식에서도 동일한 의미로 사용된다.

k 는 시간(time), 시퀀스(sequence) 및 상태(stage)이다. i 는 k 번째 시퀀스의 입력이며, j 는 순방향 상태 메트릭을 위한 $(K+1)$ 번째의 입력 또는 역방향 상태 메트릭을 위한 $(K-1)$ 번째의 입력이다. m 은 격자도(trellis diagram)의 상태이고, v 는 순환 체계 부호기(recursive systematic encoder)의 메모리의 수이다. 그리고, σ^2 는 추가적인 백색 가우시안 잡음(AWGN : Additive White Gaussian Noise)을 위한 입력 심볼의 분산을 나타내며, x_k 는 AWGN의 k 번째 수신 정보 비트이고, y_k 는 AWGN의 k 번째 수신 패리트 비트이다. $Y_k^{i,m}$ 는 k, i, m 을 위한 발생 코드 워드이고, D_k 는 k 번째 가지 메트릭이며, A_k 는 k 번째 순방향 상태 메트릭이다. $b(j,m)$ 는 입력 j 와 상태 m 사이의 k 번째 상태와 연관되는 $(k-1)$ 번째 역방향 상태이고, E 는 E 함수로 $E A_i^2 = A_i^2 E A_i^2 = \log_e(e^{A_i^2} + e^{A_i^2})$ 으로 정의되며, B_k 는 k 번째 역방향 상태 메트릭, $f(i,m)$ 는 입력 i 와 상태 m 의 k 번째 상태와 연관있는 $(K+1)$ 번째 상태이며, L_k 는 로그 우도비(Log Likelihood Ratio)이다.

한편, 1998년도 터보 복호기 알고리즘의 최종 결과식은 (수학적식 5) 내지 (수학적식 8)로 표현되며, 상기 수학적식들에 대한 상세한 설명은 해당 논문에 언급되어 있으므로 그 설명을 생략한다.

【수학식 5】

$$D_k^{(1,m)} = -Ax_k - Ay_k c^{(1,m)}$$

【수학식 6】

$$A_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (A_{k,j}^{(j,m)} + D_{k,j}^{(j,m)})$$

【수학식 7】

$$B_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (B_{k,j}^{(j,m)} + D_{k,j}^{(j,m)})$$

【수학식 8】

$$L_k = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (A_k^m + D_k^{(j,m)} + B_{k,j}^{(j,m)}) - \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (A_k^m + D_k^{(j,m)} + B_{k,j}^{(j,m)})$$

여기서, (수학식 5) 내지 (수학식 8)에 기술된 각 변수의 의미는 상기 언급한 것과 동일하며 가지 메트릭을 계산하는데 차이가 존재하나 가지 메트릭을 계산하기 위하여 사용되는 A는 순방향 상태 메트릭(forward state metric)이 아니라 수신된 심볼의 크기(amplitude)이다. 또한, 분산값은 c의 항으로 들어가 있다. 그러므로 1995년도 가지 메트릭과 1998년도 가지 메트릭은 표기에서 약간 차이가 존재할 뿐 이 두식 사이에 알고리즘 측면에서 차이는 없다.

이제, 본 발명의 구성과 작용에 대하여 언급하고 현재 IMT-2000의 규격으로 채택하고 있는 터보 부호를 예들들어 설명하면 다음과 같다.

여기서, 먼저 종래의 1995년도 알고리즘에서 역방향 가지 메트릭의 계산을 수정하여 기존의 역방향 알고리즘보다 계산량을 반으로 줄이는 역방향 계산 알고리즘을 설명하고, 그에 따라 수정된 로그 우도비(LLR)계산 알고리즘을 설명하고자 한다.

먼저, 앞서 언급한 1995년도 알고리즘에 따른 역방향 상태 메트릭은 (수학식3)에서 기재된 바 있다.

여기서, $B_k^{i,m}$ 은 단계(stage)가 k이고, 상태(state)가 m인 경우에 i가 입력되었을 때의 역방향 상태 메트릭(reverse state metric value)이고, $f(i,m)$ 은 현재 상태가 m에서 입력 i에 따라 갈 수 있는 다음 단계의 상태를 나타낸다.

위의 역방향 상태 메트릭은 아래와 같이 두 개의 수식 즉, (수학식 9)로 나누어 쓸 수 있다.

【수학식 9】

$$B_k^{0,m} = \ln[\exp[B_{k+1}^{0,f(0,m)} + D_{k+1}^{0,f(0,m)}] + \exp[B_{k+1}^{1,f(0,m)} + D_{k+1}^{1,f(0,m)}]]$$

$$B_k^{1,m} = \ln[\exp[B_{k+1}^{0,f(1,m)} + D_{k+1}^{0,f(1,m)}] + \exp[B_{k+1}^{1,f(1,m)} + D_{k+1}^{1,f(1,m)}]]$$

이제, 상기 (수학식 9)를 토대로 역방향 상태 메트릭을 간소화하면 다음과 같다.

즉, 현재 단계(stage) k 의 상태(state) m 인 경우, 입력 i 가 0일 때의 역방향 상태 메트릭 $B_k^{0,m}$ 은 다음과 같이 계산된다.

1 과정은 현재 상태(m)에서 입력(i)이 0인 경우 가지를 통하여 연결된 다음 단계($k+1$)의 상태인 $f(0,m)$ 에서 입력 j 가 0일 때의 역방향 상태 메트릭($B_{k+1}^{0,f(0,m)}$)과 가지 메트릭($D_{k+1}^{0,f(0,m)}$)을 더한다.

2 과정은 현재 상태 m 에서 입력 i 가 0인 가지 메트릭을 통하여 연결된 다음 단계($k+1$)의 상태인 $f(0,m)$ 에서 입력 j 가 1일 때의 역방향 메트릭 $B_{k+1}^{0,f(0,m)}$ 과 가지 메트릭 $D_{k+1}^{0,f(0,m)}$ 을 더한다.

3 과정은 상기 1 단계 및 2 단계에서 구한 값들에 대하여 E함수를 취하여 역방향 상태 메트릭 $B_k^{0,m}$ 를 구한다.

한편, 같은 방법으로 단계 K 의 상태가 m 인 경우, 입력 i 가 0일 때의 역방향 상태 메트릭 $B_k^{1,m}$ 은 다음과 같은 과정을 통해 계산된다.

1 과정으로 현재 상태 m 에서 입력 i 가 1인 가지를 통하여 연결된 다음 단계 $k+1$ 의 상태인 $f(1,m)$ 에서 입력 j 가 0일 때의 역방향 상태 메트릭 $B_{k+1}^{0,f(0,m)}$ 과 가지 메트릭 $B_{k+1}^{1,f(0,m)}$ 을 더한다.

2 과정으로 현재 상태 m 에서 입력 i 가 1인 가지를 통하여 연결된 다음 단계 $k+1$ 의 상태인 $f(1,m)$ 에서 입력 j 가 1일 때의 역방향 상태 메트릭 $D_{k+1}^{0,f(0,m)}$ 과 가지 메트릭 $D_{k+1}^{1,f(0,m)}$ 을 더한다.

3 과정으로 상기 1 과정 및 2 과정에서 얻은 두 값에 대하여 E함수를 취하여 역방향 상태 메트릭 $B_k^{1,m}$ 을 구한다.

한편, 터보 부호기의 RSC(recursive systematic code) 부호기의 구조에 따른 상태 천이를 시간 축으로 나타낸 격자도(trellis diagram)는 현재 단계 k 와 다음 단계 $k+1$ 의 각 상태들은 나비(butterfly)구조를 가지고 연결되어 있다. 전술한 바와 같이 k 번째 단계의 역방향 상태 메트릭은 $k+1$ 번째 단계의 가지 메트릭 값과 역방향 상태 메트릭을 가지고 계산된다. 이 때, 나비 구조에 연결된 k 번째 단계의 두 개의 상태는 $k+1$ 번째 단계의 두 상태로 연결된 나비 구조를 갖고 있다. 따라서, 전체 4개의 상태 메트릭을 계산하지 않고 2개의 상태 메트릭을 계산하면 나머지는 그것에서 얻어지므로 역방향 상태 메트릭의 계산량을 기존의 1995년도 알고리즘과 비교하여 반으로 축소된다.

이것을 3GPP에서 IMT-2000 시스템의 규격에서 채택하고 있는 터보 부호를 예로써 설명한다.

도 1은 차세대 이동통신 시스템에서 채택하고 있는 종래의 기술에 따른 터보 부호기의 일실시에 구성도이다.

도 1에 도시된 바와 같이, 상기 터보 부호기는 구속장 K가 4이고 부호율 R이 1/2이고 생성 다항식은 아래의 (수학식 10)과 같다.

【수학식 10】

$$G(D) = \begin{bmatrix} \frac{K(D)}{d(D)} \\ 1 \end{bmatrix}$$

여기서 $d(D)=1+D^2+D^3$ 이고, $n(D)=1+D+D^3$ 이다.

도 2는 도 1에 도시된 시스템에서 채택한 종래의 기술에 따른 RSC 부호기의 일실시에 격자도이다.

도 2에 도시된 바와 같이, 상기 터보 부호기에 사용되는 RSC 부호기의 격자도는 k 번째 단계의 상태 쌍(0,4)을 갖는 나비 구조로서, k+1 번째 단계에서 상태 쌍(0,1)을 갖는 것을 알 수 있다.

상기와 같은 조건을 통해 본 발명의 역방향 상태 메트릭을 계산한 격자도를 살펴보면 다음과 같다.

도 3은 본 발명에 따른 터보 복호기에서 역방향 상태 메트릭의 일실시에 격자도이다.

도 3에 도시된 바와 같이, 상기 역방향 상태 메트릭의 격자도는 k 번째 단계에서 상태 0과 4는 나비 구조를 가지고 있으므로 그에 대한 역방향 상태 메트릭은 아래의 (수학식 11)과 같다.

【수학식 11】

$$\begin{aligned} B_k^{0,0} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,0} + D_{k+1}^{0,0}) + \exp(B_{k+1}^{1,0} + D_{k+1}^{1,0})] \\ B_k^{1,0} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,1} + D_{k+1}^{0,1}) + \exp(B_{k+1}^{1,1} + D_{k+1}^{1,1})] \\ B_k^{1,4} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,0} + D_{k+1}^{0,0}) + \exp(B_{k+1}^{1,0} + D_{k+1}^{1,0})] \\ B_k^{0,4} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,1} + D_{k+1}^{0,1}) + \exp(B_{k+1}^{1,1} + D_{k+1}^{1,1})] \end{aligned}$$

상기 (수학식 11)에서 알 수 있듯이 $B_k^{0,0}$ 은 $B_k^{1,4}$ 와 동일하며, $B_k^{1,0}$ 은 $B_k^{0,4}$ 와 동일하다. 그러므로 입력이 0인 것을 기준으로 다시 쓰면 (수학식 12)와 같이 된다.

【수학식 12】

$$\begin{aligned} B_k^{0,0} &= B_k^{1,4} \\ B_k^{1,0} &= B_k^{0,4} \end{aligned}$$

마찬가지로 상태 쌍(1,5), 상태 쌍(2,6)과 상태 쌍(3,7)도 아래의 (수학식13)을 얻을 수 있다.

【수학식 13】

$$\begin{aligned}
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 0: B_k^{0,0} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,0} + D_{k+1}^{0,0}) + \exp(B_{k+1}^{1,0} + D_{k+1}^{1,0})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 1: B_k^{0,1} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,1} + D_{k+1}^{0,1}) + \exp(B_{k+1}^{1,1} + D_{k+1}^{1,1})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 2: B_k^{0,2} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,2} + D_{k+1}^{0,2}) + \exp(B_{k+1}^{1,2} + D_{k+1}^{1,2})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 3: B_k^{0,3} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,3} + D_{k+1}^{0,3}) + \exp(B_{k+1}^{1,3} + D_{k+1}^{1,3})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 4: B_k^{0,4} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,4} + D_{k+1}^{0,4}) + \exp(B_{k+1}^{1,4} + D_{k+1}^{1,4})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 5: B_k^{0,5} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,5} + D_{k+1}^{0,5}) + \exp(B_{k+1}^{1,5} + D_{k+1}^{1,5})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 6: B_k^{0,6} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,6} + D_{k+1}^{0,6}) + \exp(B_{k+1}^{1,6} + D_{k+1}^{1,6})] \\
\text{입력}i = 0/\text{상태}m = 7: B_k^{0,7} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,7} + D_{k+1}^{0,7}) + \exp(B_{k+1}^{1,7} + D_{k+1}^{1,7})] \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 0: B_k^{1,0} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,1} + D_{k+1}^{0,1}) + \exp(B_{k+1}^{1,1} + D_{k+1}^{1,1})] = B_k^{0,4} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 1: B_k^{1,1} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,2} + D_{k+1}^{0,2}) + \exp(B_{k+1}^{1,2} + D_{k+1}^{1,2})] = B_k^{0,5} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 2: B_k^{1,2} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,3} + D_{k+1}^{0,3}) + \exp(B_{k+1}^{1,3} + D_{k+1}^{1,3})] = B_k^{0,6} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 3: B_k^{1,3} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,4} + D_{k+1}^{0,4}) + \exp(B_{k+1}^{1,4} + D_{k+1}^{1,4})] = B_k^{0,7} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 4: B_k^{1,4} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,5} + D_{k+1}^{0,5}) + \exp(B_{k+1}^{1,5} + D_{k+1}^{1,5})] = B_k^{0,0} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 5: B_k^{1,5} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,6} + D_{k+1}^{0,6}) + \exp(B_{k+1}^{1,6} + D_{k+1}^{1,6})] = B_k^{0,1} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 6: B_k^{1,6} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,7} + D_{k+1}^{0,7}) + \exp(B_{k+1}^{1,7} + D_{k+1}^{1,7})] = B_k^{0,2} \\
\text{입력}i = 1/\text{상태}m = 7: B_k^{1,7} &= \ln[\exp(B_{k+1}^{0,0} + D_{k+1}^{0,0}) + \exp(B_{k+1}^{1,0} + D_{k+1}^{1,0})] = B_k^{0,3}
\end{aligned}$$

따라서, 한 단계에 대해 16개의 값이 존재하여 16개의 상태 메트릭이 필요하지만 앞서 언급한 바와 같이 서로 같은 역방향 상태 메트릭이 발생하므로 역방향 상태 메트릭의 값은 8가지로 줄어들게 된다.

부연 설명하면, 구속장 K가 4인 경우 한 단계의 역방향 상태 메트릭을 계산하기 위한 계산량은 기존의 16번에서 8번으로 줄어들며, 역방향 상태 메트릭을 저장하기 위해 필요한 메모리 개수도 16개에서 8개로 줄어들게 된다.

이상의 설명을 정리하면 아래의 (수학식 14)가 된다. 즉, 입력i가 0인 경우만 계산을 수행하면 입력이 1인 경우는 아래의 (수학식 14)의 상태 m에 s 함수를 취하면 얻어진다.

【수학식 14】

$$\begin{aligned}
B_k^{1,m} &= B_k^{0,s(m)} \\
B_k^{0,m} &= B_k^{1,m}
\end{aligned}$$

여기서, 함수 s(m)는 m을 2진으로 표현하였을 때 최상위 비트를 보수로 변

경하는 것이다. 즉, m 값의 MSB를 반전하여 간단하게 얻어진다. 예로써 구속장 K 가 4인 경우 상태(m)는 8개를 가질 수 있고 그것은 3비트로 표현이 가능한데, 이 경우 m 이 십진수로 0이면 이진수로 "000"으로 표현되고, $s(m)$ 은 "000"의 MSB에 대하여 보수를 취한 "100"이 되며, 그것은 십진수로 표현하면 "4"가 된다. 이러한 부가적인 기능은 입력 i 가 0인 경우의 상태 m 의 MSB를 변환하므로 간단하게 구현된다.

이상에서 살펴본 구속장 K 가 4인 예제를 사용한 결과를 채택하면 앞서 언급한 일반적인 역방향 상태 메트릭을 계산을 하기의 (수학식 15)과 같이 변경할 수 있다.

【수학식 15】

$$\begin{aligned} B_k^{0,m} &= \sum_{j=0}^1 \left(B_{k+1}^{j,f(0,m)} + D_{k+1}^{j,f(0,m)} \right) \\ &= \ln[\exp[B_{k+1}^{0,f(0,m)} + D_{k+1}^{0,f(0,m)}] + \exp[B_{k+1}^{1,f(0,m)} + D_{k+1}^{1,f(0,m)}]] \\ &= \ln[\exp[B_{k+1}^{0,f(m)} + D_{k+1}^{0,f(m)}] + \exp[B_{k+1}^{1,f(m)} + D_{k+1}^{1,f(m)}]] \end{aligned}$$

상기 (수학식 15)는 입력이 $f(0,m)$ 은 0인 경우만 포함하고 있으므로 그것을 생략할 수 있어 $f(m)$ 으로 표현하였다.

여기서, 상기 입력 i 가 1인 경우와 0인 경우는 상태 m 만 차이가 있을 뿐 서로 동일하므로 하기의 (수학식 16)과 같이 표시할 수 있다.

【수학식 16】

$$B_k^{1,f(m)} = B_k^{0,f(m)}$$

이때, 상기 (수학식 16)은 하기의 (수학식 17)로 변형된다.

【수학식 17】

$$B_k^{0,m} = \ln[\exp[B_{k+1}^{0,f(m)} + D_{k+1}^{0,f(m)}] + \exp[B_{k+1}^{1,f(m)} + D_{k+1}^{1,f(m)}]]$$

상기 (수학식 17)에서 역방향 상태 메트릭은 입력 i가 0인 경우의 형태로 모든 수식을 표현하고 있기 때문에 그 표현을 생략하여도 수식의 전개에는 문제가 없다. 그리고 이것은 앞서 언급한 역방향 상태 메트릭을 한 가지만을 계산하는 것을 의미하며 하기의 (수학식 18)로 표현이 가능하다.

【수학식 18】

$$B_k^{0,m} = \ln[\exp[B_{k+1}^{0,f(m)} + D_{k+1}^{0,f(m)}] + \exp[B_{k+1}^{1,f(m)} + D_{k+1}^{1,f(m)}]]$$

상기 (수학식 18)를 E 함수를 사용하여 표기하기 위하여 변형하여 보면, k+1 번째 단계에서 입력 j가 0인 경우에는 f(m)의 역방향 상태 메트릭을 읽고 입력 j가 1인 경우 f(m)을 구하고 그것의 s함수를 취하는 것으로 k+1번째 단계의 입력과 상태 m의 함수로 주어져 이것은 아래와 같이 새로운 함수 F(j,m)로 정의된다.

$$\begin{aligned} F(j,m) &= f(m) \quad \text{for } j=0 \\ &= s(f(m)) \quad \text{for } j=1 \end{aligned}$$

그러므로, 최종 결과 역방향 상태 메트릭은 아래의 (수학식 19)와 같이 간략

화됨을 알 수 있다.

【수학식 19】

$$B_k^m = \frac{1}{2} [B_{k,1}^{(m)} + D_{k,1}^{(m)}]$$

이제, 상기와 같이 구해진 역방향 상태 메트릭의 결과를 이용하여 로그 우도비(LLR)를 구하고자 한다.

상기 본 발명에 따른 로그 우도비는 1995년도 알고리즘에서 로그 우도비를 구하는 (수학식 4)에서 유도된다.

즉, (수학식 4)에서 $B_k^{0,m}$ 는 입력 i 가 0인 경우에 역방향 상태 메트릭인데,

본 발명에 따르면 입력 i 에 따라 수식이 구분되지 않으므로 $B_k^{0,m}$ 은 B_k^m 으로 표현된

다. 또한, $B_k^{1,m}$ 은 입력 i 가 1인 경우에 역방향 상태 메트릭인데, 앞서 유도함 바와

같이 $B_k^{s(m)}$ 으로 표현된다. 그러므로 상기 로그 우도비(LLR)는 하기의 (수학식 20)으

로 표현된다.

【수학식 20】

$$L_k = \sum_{m=0}^{2^k-1} (A_k^{1,m} + B_k^{1,m}) - \sum_{m=0}^{2^k-1} (A_k^{0,m} + B_k^{0,m})$$

여기서 $s(m)$ 은 m 을 이진수로 표현하였을 때 MSB(most significant bit)를 변환한 것이다.

한편, 1995년도 알고리즘을 사용한 순방향 메트릭 계산식을 사용하면 본 발명에 따른 로그 우도비는 역방향 메트릭을 계산하는 계산식과 그 구조가 다르기 때문에 서로 다른 하드웨어로 순방향 상태 메트릭과 역방향 상태 메트릭을 구성하는 단점이 있다. 따라서, E 함수를 계산하고 덧셈을 수행하는 대신에 역방향 상태 메트릭 계산과 같이 덧셈을 수행하고 E 함수를 계산하는 구조로 상기 수식을 변경하기 위하여 순방향 상태 메트릭을 계산하는 순서를 변경하여 새로운 수식을 아래와 같이 유도한다.

즉, (수학식 2)에서 첫 번째 단(stage)의 순방향 상태 메트릭을 구하면 하기의 (수학식 21)로 표현된다.

【수학식 21】

$$A_1^{1,m} = D_1^{1,m} + \sum_{j=0}^1 A_0^{j, s(j,m)}$$

여기서, 두 번째 항 $\sum_{j=0}^1 A_0^{j, s(j,m)}$ 은 이전에 아무런 값이 없었기 때문에 0이 된다.

따라서, 두 번째 단(stage)의 순방향 상태 메트릭은 하기의 (수학식 22)와 같다.

【수학식 22】

$$A_2^{j,m} = D_2^{j,m} + \sum_{j=0}^j A_1^{j,M(j,m)}$$

이때, 상기 (수학식 22)에서 두 번째 수식의 계산 결과를 A_1^m 이라고 하면 두 번째 항은 하기의 (수학식 23)이 된다.

【수학식 23】

$$A_1^m = \sum_{j=0}^j A_1^{j,M(j,m)}$$

따라서, 상기 (수학식 23)을 토대로 k 번째 단(stage)에서 적용하면 하기의 (수학식 24)가 된다.

【수학식 24】

$$A_k^m = \sum_{j=0}^j A_k^{j,M(j,m)}$$

그러므로, 1995년도 (수학식 2)는 아래와 같은 (수학식 25)로 변형된다.

【수학식 25】

$$A_k^{j,m} = D_k^{j,m} + A_{k-1}^{j,m}$$

또한, 상기 (수학식 25)를 A_k^m 을 변경하면 하기의 (수학식 26)과 같다.

【수학식 26】

$$A_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^J A_k^{j,m}(j,m) = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^J (D_k^{j,m}(j,m) + A_{k-1}^{j,m}(j,m))$$

따라서, A_k^m 는 (수학식 27) 및 (수학식 28)과 같다.

【수학식 27】

$$A_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^J (D_k^{j,m}(j,m) + A_{k-1}^{j,m}(j,m))$$

【수학식 28】

$$A_k^{j,m}(j,m) = D_k^{j,m}(j,m) + A_{k-1}^{j,m}(j,m)$$

이상과 같이 순방향 상태 메트릭을 계산은 A_k^m 을 사용하여 진행하면 되고, 로

그 우도비(LLR)에 사용될 $A_k^{i,m}$ 의 값은 A_k^m 계산에서 E 함수를 취하기 전의 값을 사용하면 된다.

이상에서 유도된 터보 복호를 구성하는 MAP 알고리즘에 사용되는 수식을 최종적으로 정리하면 아래와 같이 (수학식 29) 내지 (수학식 32)로 표현된다.

【수학식 29】

$$D_k^{i,m} = \frac{2}{\sigma^2} (x_k^i + y_k^i y_k^{i,m})$$

【수학식 30】

$$A_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (D_k^{j,m} + A_{k-1}^{j,m})$$

【수학식 31】

$$B_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (B_{k+1}^{j,m} + D_{k+1}^{j,m})$$

【수학식 32】

$$L_k = \frac{2^{V-1}}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (A_k^{j,m} + B_k^{j,m}) - \frac{2^{V-1}}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (A_k^{0,m} + B_k^{0,m})$$

또한, 이상의 (수학식 29) 내지 (수학식 32)를 자연 로그 엠에이피(MAP)가

아닌 이진 로그 맵에이퍼(MAP)에 적용하면 (수학식 33) 내지 (수학식 36)을 얻을 수 있다.

【수학식 33】

$$D_k^{i,m} = (\log_2 e) \frac{2}{\sigma^2} (x_k^i + y_k^i Y_k^{i,m})$$

【수학식 34】

$$A_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (D_k^{j,i,m} + A_{k+1}^{j,i,m})$$

【수학식 35】

$$B_k^m = \frac{1}{J} \sum_{j=0}^{J-1} (B_{k+1}^{j,i,m} + D_{k+1}^{j,i,m})$$

【수학식 36】

$$L_k = \frac{2^{T-1}}{2} (A_k^{1,m} + B_k^{T(m)}) - \frac{2^{T-1}}{2} (A_k^{0,m} + B_k^m)$$

상기 수학식들을 토대로 살펴본 바와 같이, 역방향 상태 메트릭의 계산량을 반으로 줄였으며 그에 따라 로그 우도비(LLR)를 계산하는 수식도 변경하였으며 기존의 장점인 로그 우도비(LLR) 계산에서 가지 메트릭을 사용하지 않는 방법을 계속

유지시켰다. 그리고, 순방향 상태 메트릭 계산식을 본 발명에 따른 역방향 상태 메트릭의 계산식과 동일한 구조를 사용할 수 있도록 수정하였다.

이제, 본 발명에 따른 알고리즘을 구현하기 위한 구성을 통해 그 구체적인 동작을 살펴본다.

도 4는 본 발명에 따른 터보 복호기의 일실시에 구성도이다.

도 4에 도시된 바와 같이, 상기 터보 복호기의 구성은 크게 수신되는 심볼을 저장하는 입력 버퍼(41), 이진 로그 엠에이피(Log2MAP) 알고리즘을 수행하는 이진 엠에이피 복호기(47), 인터리빙과 디인터리빙을 수행하는 치환기(48), 복호된 결과를 중앙 처리 장치에 제공하는 마이크로 프로세서 입출력 접속기(49) 및 타이밍을 제어하는 타이밍 제어기(50)를 포함한다.

그리고, 상기 엠에이피 복호기(47)는 심볼 메트릭 계산기(42), 가지 메트릭 계산기(43), 상태 메트릭 계산기(44), 표준기(45) 및 로그 우도비 계산기(46)를 포함한다.

상기 심볼 메트릭 계산기(42)는 입력 버퍼(41)를 통해 입력되는 심볼을 가지 메트릭 계산기(43)에 제공한다. 상기 가지 메트릭 계산기(43)는 심볼을 받아 가지 메트릭을 계산하고, 그 계산된 가지 메트릭을 상태 메트릭 계산기(44)에 제공한다. 상태 메트릭 계산기(44)는 입력되는 가지 메트릭을 이용하여 역방향 상태 메트릭을 계산하고, 그 계산 결과를 메모리에 저장한다. 그리고, 상기 상태 메트릭 계산기(44)는 입력되는 가지 메트릭을 이용하여 순방향 상태 메트릭을 계산하여 표준기(45)를 통해 로그 우도비 계산기(46)에 제공한다.

상기 로그 우도비 계산기(46)는 입력되는 순방향 상태 메트릭의 결과에 맞추어 메모리에 기 저장된 역방향 상태 메트릭을 읽어내어 로그 우도비를 계산한다. 이때, 계산된 로그 우도비는 치환기(48)를 통해 인터리버 및 디인터리버되어 메모리에 저장된다.

여기서는, 하나의 엠에이피 복호기의 동작을 설명하고 있으나, 두 개의 엠에이피 복호기로 구성될 경우에는 상기 치환기(48)는 복호 과정에서 얻는 잉여정보(Extrinsic Information)를 인터리빙 하여 심볼 메트릭 계산기(42)에 전달한다. 따라서, 상기 심볼 메트릭 계산기(42)는 입력 버퍼(41)로부터 심벌과 치환기(48)로부터 전달받은 잉여 정보를 토대로 심볼 메트릭을 계산하여 위에서 상술된 가지 메트릭 및 상태 메트릭 계산을 반복적으로 수행한다.

즉, 일반적으로 터보 복호기는 두개의 MAP 복호기를 사용하기 때문에 1회의 반복 복호 횟수에 대해 두 번의 MAP 복호를 수행한다.

한편, 상기의 입력 버퍼(41)의 버퍼링 동작, 엠에이피 복호기(47)의 복호 동작 및 치환기(48)의 인터리빙/디인터리빙 동작 및 마이크로 프로세서 입출력 접속기(49)의 동작은 타이밍 제어기(50)에 의해 전반적으로 제어된다.

도 5a 및 도 5b는 본 발명에 따른 터보 복호기에 포함된 상태 메트릭 계산기의 일실시에 상세 구성도이다.

즉, 상기 상태 메트릭 계산기는 순방향 상태 메트릭 계산기 및 역방향 상태 메트릭 계산기를 포함한다. 상기 순방향 상태 메트릭 계산기는 도 5a에 도시된 바와 같이, E함수 계산기와 버퍼로 이루어져 동작 결과 (수학식 30)을 얻을 수 있다.

상기 역방향 상태 메트릭 계산기도 도 5b에 도시된 바와 같이, E함수 계산기와 버퍼로 이루어져 동작 결과 (수학식 31)을 얻을 수 있다.

도 6은 본 발명에 따른 터보 복호기에 포함된 로그 우도비 계산기의 일실시에 상세 구성도이다.

도 6에 도시된 바와 같이, 두 개의 E함수 계산기와 하나의 뿔셈기로 구현되어 있으며 동작 결과 (수학식 32)를 얻는다.

도 7은 본 발명에 따른 터보 복호기를 이용한 계산 방법에 대한 일실시에 흐름도이다.

도 7에 도시된 바와 같이, 입력 버퍼 및 심볼 메트릭 계산기에 의해 수신된 심볼은 가지 메트릭 계산기(43)에 의해 가지 메트릭이 계산되고, 상기 계산된 가지 메트릭은 상태 메트릭 계산기(44)에 전달된다(71).

그러면, 상기 상태 메트릭 계산기(44)는 입력되는 가지 메트릭을 이용하여 역방향 상태 메트릭을 계산하고, 그 계산 결과를 메모리에 저장한다(72). 그리고, 상기 상태 메트릭 계산기(44)는 입력되는 가지 메트릭을 이용하여 순방향 상태 메트릭을 계산하고(73), 상기 계산된 순방향 상태 메트릭의 결과를 로그 우도비 계산기(46)에 전달한다.

따라서, 상기 로그 우도비 계산기(46)는 입력되는 순방향 상태 메트릭의 결과에 맞추어 메모리에 기 저장된 역방향 상태 메트릭을 읽어내어 로그 우도비를 계산한다(74). 이때, 계산된 로그 우도비는 치환기(48)를 통해 인터리버 및 디 인터리버되어 메모리에 저장된다(75).

상술한 바와 같은 본 발명의 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 형태로 기록매체(씨디롬, 램, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등)에 저장될 수 있다.

이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것이 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

【발명의 효과】

상기와 같이 본 발명은, 역방향 상태 메트릭에서 입력 i 가 0인 경우를 알면 1인 경우는 그 값에서 구할 수 있어 역방향 상태 메트릭의 계산 양을 줄이고, LLR의 계산에 있어서 가지, 메트릭을 계산하지 않을 뿐 아니라 계산량을 감소시킴으로써, 용이하게 하드웨어를 구현시킬 수 있는 효과가 있다.

또한, 본 발명은 자연 로그 MAP 및 이진 로그 MAP 방식에 모두 사용할 수 있고 부 로그 엠에이피(SubLogMAP)나 최대 로그 엠에이피(MaxLogMAP)에 모두 사용되어 하드웨어의 구현 복잡도를 줄일 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

상태 메트릭을 갖는 터보 복호기에 있어서,

입력 버퍼를 통해 입력되는 심볼을 받아, 가지 메트릭을 계산하기 위한 가지 메트릭 계산 수단;

상기 가지 메트릭 계산 수단을 통해 계산된 상기 가지 메트릭을 이용하여 역방향 상태 메트릭을 계산 및 저장하고, 상기 가지 메트릭을 이용하여, 순방향 메트릭을 계산하여 전달하기 위한 상태 메트릭 계산 수단; 및

상기 상태 메트릭 계산 수단을 통해 입력되는 순방향 상태 메트릭과 상기 상태 메트릭 계산 수단에서 미리 저장된 역방향 상태 메트릭을 이용하여, 로그 우도비를 계산하는 로그 우도비 계산 수단

을 포함하는 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 상태 메트릭 계산 수단은,

상기 가지 메트릭의 상태에 대하여, 입력이 0인 경우에만 역방향 상태 메트릭을 계산하기 위한 역방향 상태 메트릭 계산수단; 및

상기 가지 메트릭의 상태에 대하여, 입력이 0 및 1인 모든 경우에 대한 순방향 상태 메트릭을 계산하기 위한 순방향 상태 메트릭 계산수단

을 포함하는 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기.

【청구항 3】

상태 메트릭을 갖는 터보 복호기에 적용되는 터보 복호기의 계산 방법에 있어서,

수신된 심볼을 받아 가지 메트릭을 계산하는 제 1 단계;

상기 제 1 단계에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0"인 경우의 역방향 상태 메트릭을 계산하고, 그 계산된 역방향 상태 메트릭을 저장하는 제 2 단계;

상기 제 1 단계에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0" 및 "1"인 모든 경우의 순방향 상태 메트릭을 계산하는 제 3 단계;

상기 제 3 단계에서 계산된 순방향 상태 메트릭과 상기 제 2 단계에서 저장된 역방향 상태 메트릭을 이용하여 로그 우도비를 계산하는 제 4 단계; 및

상기 제 4 단계에서 계산된 로그 우도비를 저장하는 제 5 단계

를 포함하는 상태 메트릭을 갖는 터보 복호기의 계산 방법.

【청구항 4】

프로세서를 구비한 터보 복호기에,

수신된 심볼을 받아 가지 메트릭을 계산하는 제 1 기능;

상기 제 1 기능에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0"인 경우의

역방향 상태 메트릭을 계산하고, 그 계산된 역방향 상태 메트릭을 저장하는 제 2 기능;

상기 제 1 기능에서 계산된 가지 메트릭을 이용하여, 입력이 "0" 및 "1"인 모든 경우의 순방향 상태 메트릭을 계산하는 제 3 기능;

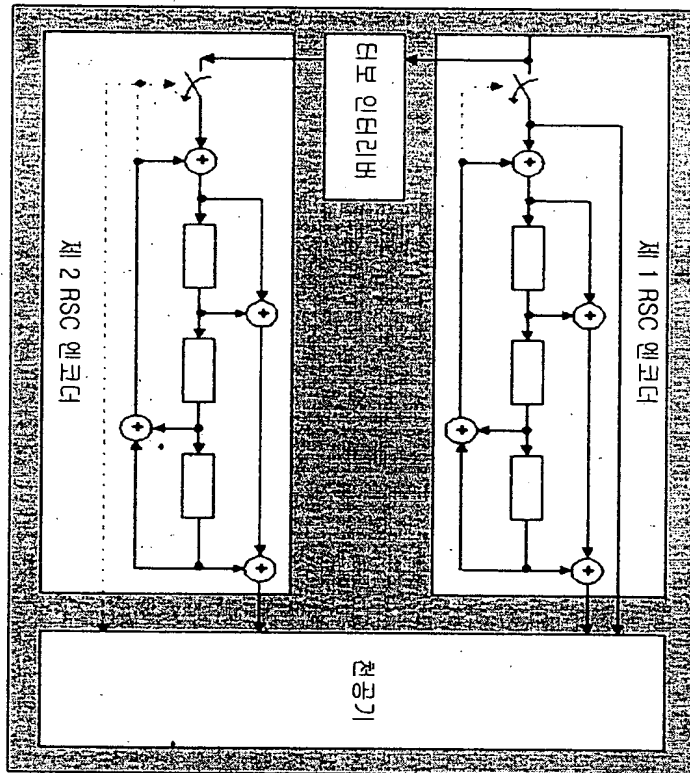
상기 제 3 기능에서 계산된 순방향 상태 메트릭과 상기 제 2 기능에서 저장된 역방향 상태 메트릭을 이용하여 로그 우도비를 계산하는 제 4 기능; 및

상기 제 4 기능에서 계산된 로그 우도비를 저장하는 제 5 기능

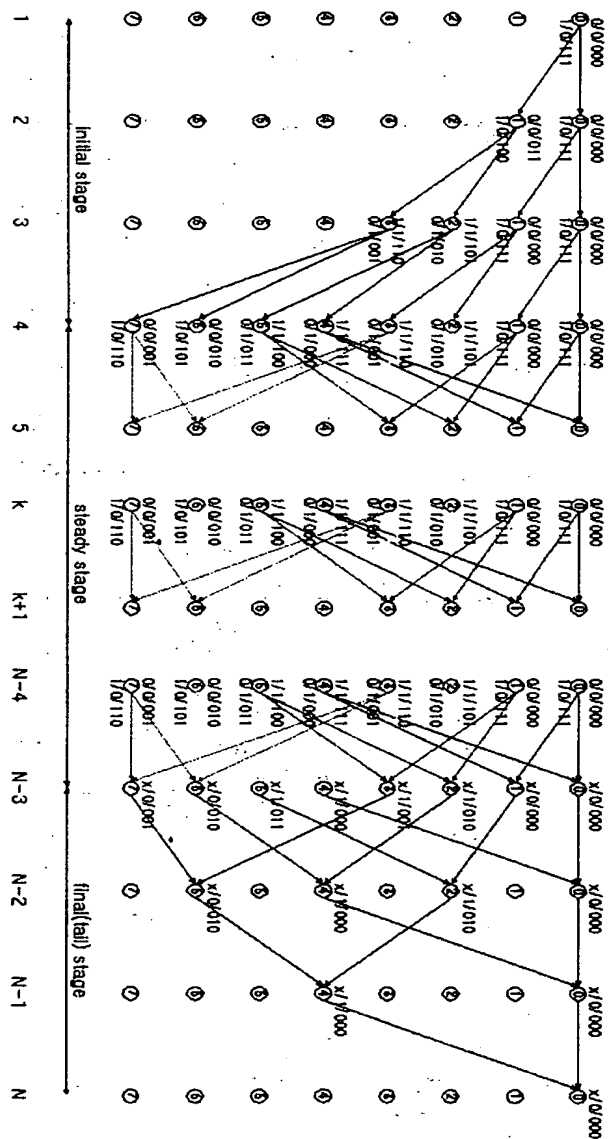
을 실현시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

【도면】

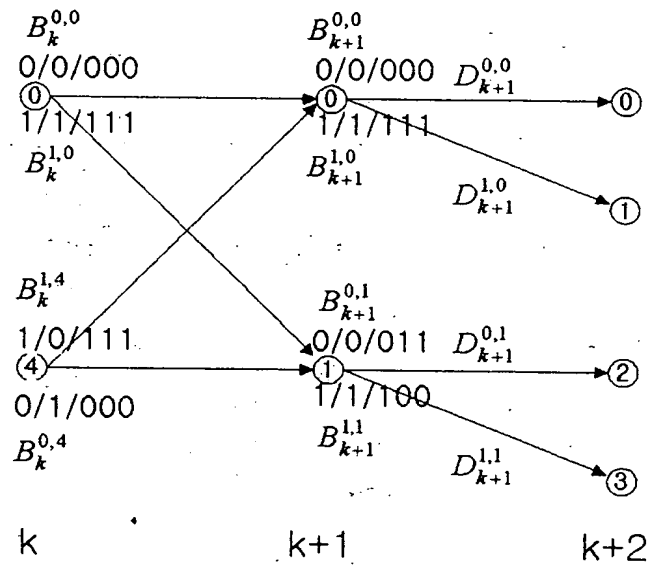
【도 1】



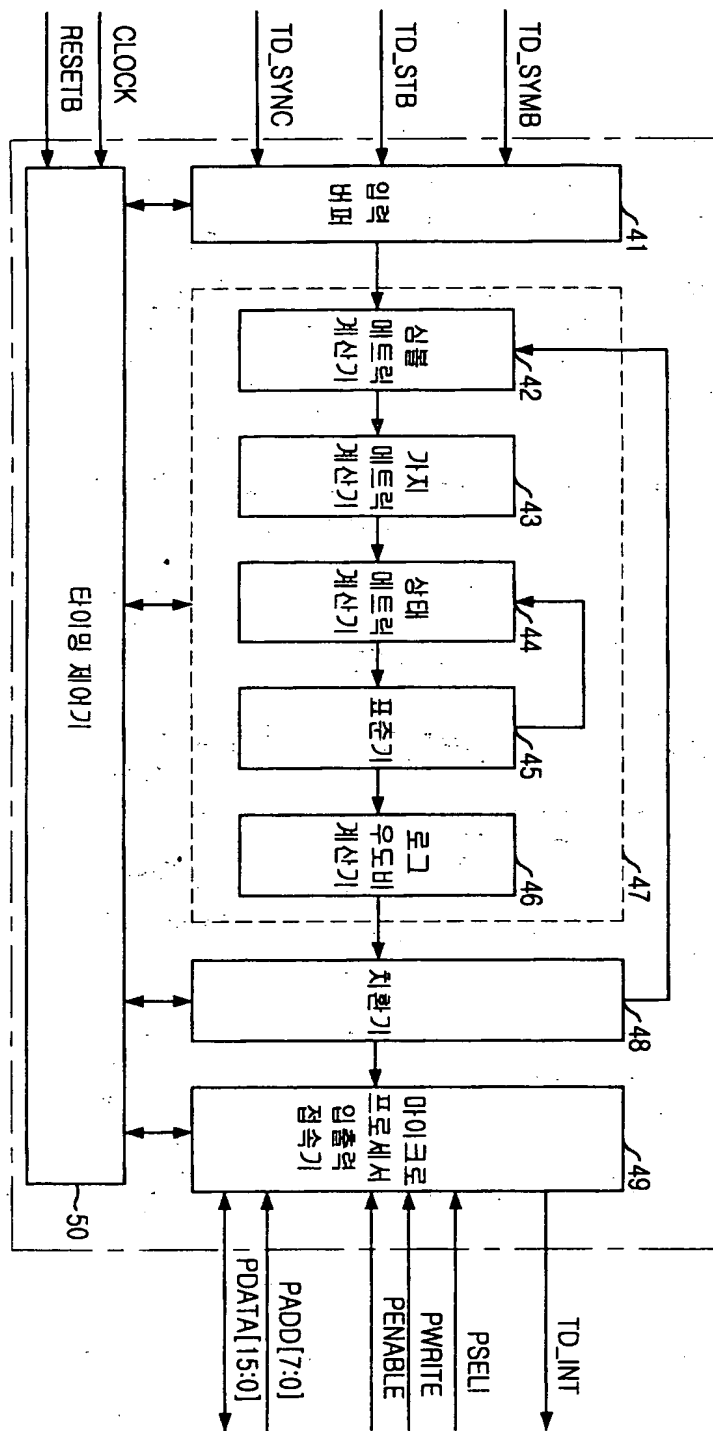
【도 2】



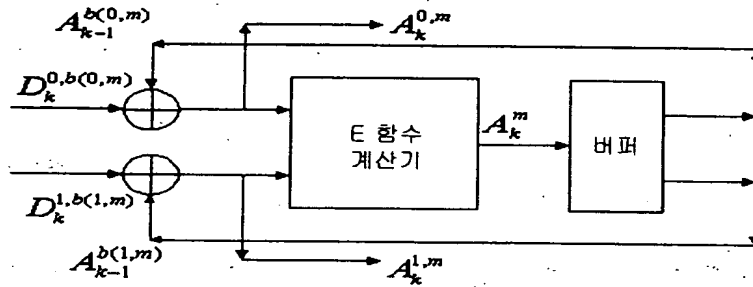
【도 3】



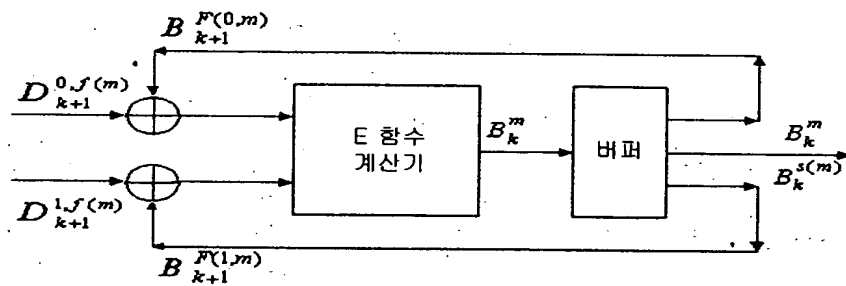
【도 4】



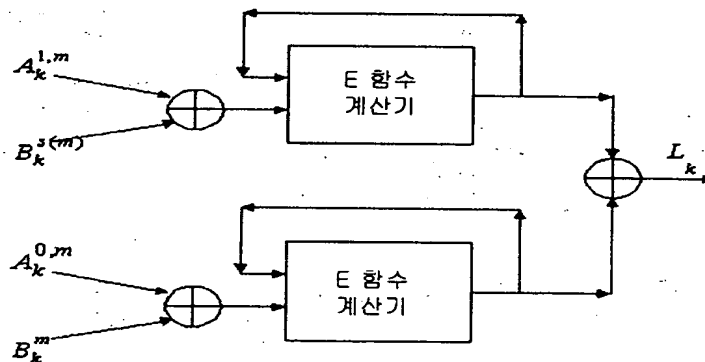
【도 5a】



【도 5b】



【도 6】



【도 7】

